

**PRARANCANGAN**  
**PABRIK *ACRYLONITRILE* DENGAN PROSES**  
**DEHIDRASI *ETHYLENE CYANOHYDRIN***  
**KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**



**TUGAS AKHIR**  
Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Meraih Gelar Sarjana Teknik  
Strata 1 pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Oleh :

**Bangkit Suryo Wicaksono**  
D 500140164

Dosen Pembimbing :  
1. Tri Widayatno, S.T., M.Sc., Ph.D.  
2. Ir. Haryanto AR., M.S.

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**SURAKARTA**

**2016**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

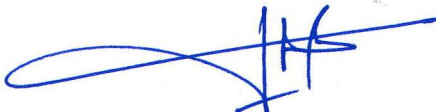
---

Nama : Bangkit Suryo Wicaksono  
Nim : D 500 140 164  
Judul Tugas Perancangan Pabrik : Prarancangan Pabrik *Acrylonitrile* dengan  
Proses Dehidrasi *Ethylene Cyanohydrin*  
Kapasitas 100.000 Ton/Tahun.  
Dosen Pembimbing : 1. Tri Widayatno, S.T., M.Sc., Ph.D.  
2. Ir. Haryanto AR., M.S.

Surakarta, Mei 2016


Menyetujui,

Dosen pembimbing I,



Tri Widayatno, S.T., M.Sc., Ph.D.  
NIK. 960

Dosen pembimbing II,



Ir. Haryanto AR., M.S.  
NIP. 196307051990031002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D  
NIK. 682

Ketua Jurusan Teknik Kimia,



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.  
NIK. 892


**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**  
**2016**

---

**PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Nama : Bangkit Suryo Wicaksono  
Nim : D 500 140 164  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul Tugas Prarancangan Pabrik : Prarancangan Pabrik Acrylonitrile  
dengan Proses Dehidrasi Ethylene  
Cyanohydrin Kapasitas 100.000  
Ton/Tahun.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa hasil Tugas Akhir yang saya buat dan serahkan ini merupakan hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan-kutipan dan ringkasan-singkatan yang semuanya telah saya jelaskan sumbernya. Apabila tugas akhir ini merupakan jiplakan atau karya ilmiah lain, maka saya siap menerima sanksi baik secara akademis maupun hukum.

Surakarta, Mei 2016  
Yang membuat pernyataan,  
  
Bangkit Suryo Wicaksono  
D500140164

## INTISARI

*Acrylonitrile* merupakan senyawa kimia tak jenuh berikatan rangkap karbon-karbon yang berkonjugasi dengan golongan nitril. *Acrylonitrile* digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan polimer. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan adanya peluang ekspor yang masih terbuka, maka dirancang pabrik *Acrylonitrile* dengan kapasitas produksi 100.000 ton/tahun dengan bahan baku ethylene cyanohydrin 136.787.685,86 ton/tahun. Pabrik ini direncanakan berdiri di kawasan industri Cilegon, Banten pada tahun 2020. Pabrik dibangun di atas tanah dengan luas 11.000 m<sup>2</sup>. Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pertimbangan penyediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, tenaga kerja, dan ketersediaan sarana-sarana pendukung lain. Pabrik beroperasi selama 24 jam per hari, dan 330 hari per tahun dengan waktu *shut down* satu bulan.

Pembuatan *acrylonitrile* melalui 3 tahap yaitu tahap persiapan bahan baku, *ethylene cyanohydrin* dipanaskan di pemanas dan dialirkan ke vaporizer untuk diuapkan dan dipanaskan kembali ke pemanas untuk dinaikkan suhunya menjadi 280°C. Pada tahap pembentukan produk, *ethylene cyanohydrin* yang telah diuapkan dialirkan ke dalam reaktor *fixed bed multitube*, non-adiabatis, non isothermal dengan kondisi 280 - 253 °C dan tekanan 1,3 atm. Reaksi berlangsung dalam fase gas dengan menggunakan katalis alumina. Pada tahap pemurnian produk, larutan *acrylonitrile* yang terbentuk dimurnikan di menara distilasi untuk diperoleh larutan *acrylonitrile* 99%.

Unit pendukung proses meliputi unit pengadaan air umpan boiler, pendingin, konsumsi dan sanitasi serta pemadam kebakaran yang bersumber dari air laut yang telah diproses desalinisasi, kebutuhan air sebesar 93.603,63 kg/jam. Pengadaan *steam* dengan kebutuhan sebesar 33.947,39 kg/jam. Unit pengadaan listrik sebesar 386,49 kW dari PLN dan generator. Unit pengadaan bahan bakar IDO sebesar 1,1 m<sup>3</sup>/jam. Unit pengadaan udara tekan sebesar 75,4 m<sup>3</sup>/jam. Limbah cair diolah secara organik untuk diturunkan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS). Limbah padat dari hasil pengendapan limbah cair dipadatkan di tanah, sedangkan limbah padat yang berasal dari limbah domestik ditampung dan dikirim ke Tempat Pembuangan Akhir.

Dari hasil analisa ekonomi diperoleh *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 75,09%, setelah pajak 52,57%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,34 tahun, setelah pajak 1,60 tahun, *Break Event Point* (BEP) 40,12 %, *Shut Down Point* (SDP) 29,72% dan *Discounted Cash Flow* (DCF) 28,90%. Berdasarkan hasil evaluasi di atas, maka Pabrik *acrylonitrile* dengan proses dehidrasi *ethylene cyanohydrin* kapasitas 100.000 ton/tahun dinilai layak didirikan karena memenuhi standar persyaratan pendirian suatu pabrik.

Kata kunci: *Acrylonitrile*, Pembuatan *Acrylonitrile*, Unit pendukung, Analisis Ekonomi.

## Abstract

Acrylonitrile is a chemical compound unsaturated carbon double bond is conjugated with the nitrile. Acrylonitrile is used as an ingredient in the polymer. To meet domestic needs and their export opportunities that are still open, it is designed Acrylonitrile plant with a production capacity of 100,000 tons / year with raw materials ethylene cyanohydrin 136,787,685.86 tons / year . The factory is planned to stand at the industrial estate in Cilegon, Banten in 2020. The factory was built on land of 11,000 m<sup>2</sup>. The choice of location is based on considerations of raw material supply, marketing, transportation, labor, and the availability of other means of support. The factory operates 24 hours per day and 330 days per year with a one-month shut down.

Acrylonitrile through three phases: preparation of raw materials, ethylene cyanohydrin is heated in a heater and fed to a vaporizer to be evaporated heating to elevated temperature becomes 280 ° C. At this stage of the formation of the product, ethylene cyanohydrin fed into a fixed bed multitube reactor, non-adiabatic, and non-isothermal with the condition of 280-253 ° C and a pressure of 1.3 atm. The reaction takes place in the gas phase using alumina catalyst, product purification, a solution of acrylonitrile formed is purified in distillation tower to obtain a solution of 99% acrylonitrile.

Process support unit includes procurement unit boiler feed water, cooling, consumption and sanitation as well as firehouse from desalinization processed, the water needs of 93603.63 kg/ hour, and steam to needs of 33947.39 kg / hour. Unit amounted to 386.49 kW electricity supply from PLN and generator. Unit fuel procurement IDO of 1.1 m<sup>3</sup> / h. Compressed air unit procurement of 75.4 m<sup>3</sup>/h. Waste water is processed organically to lowered levels of Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solid (TSS). Solid waste from liquid waste compacted deposition results on the ground, while the solid waste originating from domestic waste is collected and sent to the final disposal.

From the results of the economic analysis obtained Percent Return on Investment (ROI) before taxes 75.09%, 52.57% after tax, Pay Out Time (POT) before taxes of 1.34 years, 1.60 years after tax, Break Event Point ( BEP) 40.12%, Shut Down Point (SDP) 29.72% and the Discounted Cash Flow (DCF) 28.90%. Based on the above evaluation results, the acrylonitrile plant in dehydration of ethylene cyanohydrin process capacity of 100,000 tonnes / year judged worthy established due to meet the standard requirements for the establishment of a factory.

**Keywords:** Acrylonitrile, Manufacture Acrylonitrile, Unit supporters, Economic Analysis.

## MOTTO PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada diri saya sendiri, kedua orang tua, serta bapak ibu dosen. Untuk kedua orang tua terimakasih atas dukungan, bimbingan, serta perjuangannya sehingga saya diberi kesempatan untuk menimba ilmu hingga sekarang. Terimakasih kepada bapak ibu dosen atas kesabaran dalam membimbing, semoga ilmu yang bapak ibu berikan mampu menjadi bekal untuk pengembangan saya di dunia maupun akhirat. Tak lupa saya ucapkan terimakasih kepada bapak Ir. Soekarno dan Albert Einstein dalam menginspirasi hidup saya. Selain tawakal kepada Allah S. W. T ada kata-kata yang selalu menginspirasi saya.

“ If A Equals Success, then the formula is:  $A = X + Y + Z$ . X is Work. Y is Play. Z is Keep Your Mouth Shut ”

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah Subhanaallahuwata'alla, karena rahmat dan ridho-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik *Acrylonitrile* dengan Proses Dehidrasi *Ethylene Cyanohydrin* Kapasitas 100.000 ton/Tahun”.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis memperoleh banyak bantuan baik berupa dukungan moral maupun material dari berbagai pihak. Oleh karena itu sudah sepantasnya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Rois Fatoni, S.T., M.Sc.Ph.D selaku Ketua Program studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Tri Widayatno, S.T., M.Sc. Ph.D selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan masukan selama penyusunan tugas akhir ini hingga selesai.
3. Bapak Ir. Haryanto AR, M.S. selaku Dosen Pembimbing II yang memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir hingga selesai.
4. Bapak / Ibu dosen Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan pembelajaran dan bimbingan selama perkuliahan di Teknik Kimia.
5. Bapak, Ibu, dan Kakak yang selalu memberikan doa dan motivasi.
6. Teman-teman mahasiswa Teknik Kimia FT UMS khususnya Mahasiswa transfer 2014.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis membuka diri terhadap segala saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surakarta, Mei 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Lembar Keaslian .....	iii
Intisari .....	iv
Abstract .....	v
Motto Persembahan .....	vi
Kata Pengantar .....	vii
Daftar Isi .....	viii
Daftar Tabel .....	xii
Daftar Gambar .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	1
1.2. Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik .....	2
1.2.1 Prediksi Kebutuhan Dalam Negeri .....	2
1.2.2 Prediksi Kebutuhan Dunia.....	2
1.2.3 Kapasitas Rancangan Minimm .....	3
1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik .....	5
1.4. Tinjauan Pustaka .....	6
1.4.1 Macam – macam Proses .....	6
1.4.2 Kegunaan Produk .....	10
1.4.3 Sifat Fisis dan Kimia .....	10
1.4.3.1 Bahan Baku .....	10
1.4.3.2 Bahan Pembantu.....	11
1.4.3.3 Produk .....	12
1.4.4 Tinjauan Proses Secara Umum.....	13
<b>BAB II DISKRIPSI PROSES .....</b>	<b>14</b>
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....	14
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku .....	14



2.1.2	Spesifikasi Bahan Pendukung.....	14
2.1.3	Spesifikasi Produk .....	14
2.2	Konsep Reaksi .....	15
2.2.1	Dasar Reaksi .....	15
2.2.2	Kondisi Operasi .....	15
2.2.3	Tinjauan Kinetika .....	15
2.2.4	Tinjauan Thermodinamika.....	16
2.3	Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses .....	18
2.3.1	Diagram Alir Proses .....	18
2.3.2	Tahapan Proses .....	18
2.4	Neraca Massa dan Neraca Panas .....	23
2.4.1	Neraca Massa.....	23
2.4.1.1.	Neraca Massa Tiap Alat .....	23
2.4.1.2.	Neraca Massa Total .....	26
2.4.2	Neraca Panas .....	26
2.4.2.1.	Neraca Panas Tiap Alat .....	26
2.5	<i>Lay Out</i> dan Peralatan Proses .....	30
2.5.1	Tata Letak Pabrik .....	30
2.5.2	Tata Letak Peralatan Proses.....	32
BAB III SPESIFIKASI PERALATAN PROSES .....		34
3.1	Spesifikasi Alat Utama .....	34
3.2	Spesifikasi Alat Pendukung.....	38
BAB IV UTILITAS .....		56
4.1	Unit Pendukung Proses .....	56
4.1.1	Unit Pengadaan Air .....	57
4.1.2	Unit Pengadaan Steam .....	62
4.1.3	Unit Pengadaan Pemanas Reaktor .....	65
4.1.4	Unit Pengadaan Udara Tekan .....	66
4.1.5	Unit Pengadaan Listrik .....	66

4.1.6	Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	70
4.1.7	Unit Pengolahan Limbah .....	71
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN .....		74
5.1	Bentuk Perusahaan .....	74
5.2	Struktur Organisasi .....	75
5.3	Tugas dan Wewenang .....	78
5.3.1	Pemegang Saham .....	78
5.3.2	Dewan Komisaris .....	78
5.3.3	Dewan Direksi .....	78
5.3.4	Staf Ahli .....	79
5.3.5	Litbang.....	80
5.3.6	Kepala Bagian.....	80
5.3.7	Kepala Seksi .....	83
5.4	Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	83
5.4.1	Karyawan <i>Non Shift</i> / harian.....	83
5.4.2	Karyawan <i>Shift / Ploog</i> .....	84
5.5	Status Karyawan dan Sistem Upah .....	85
5.5.1	Karyawan Tetap.....	85
5.5.2	Karyawan Harian .....	85
5.5.3	Karyawan Borongan .....	85
5.6	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji .....	86
5.7	Kesejahteraan Sosial Karyawan .....	87
5.8	Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	89
5.9	Manajemen Produksi .....	90
5.9.1	Perencanaan Produksi.....	90
5.9.2	Pengendalian Produksi.....	91
BAB VI ANALISA EKONOMI .....		93
6.1	Dasar Perhitungan .....	93
6.2	Biaya Perhitungan .....	95

6.3	Penentuan <i>Total Capital Investment</i> (TCI) .....	98
6.4	Penentuan <i>Manufacturing Cost</i> (TMC) .....	98
6.4.1	<i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC) .....	98
6.4.2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC) .....	100
6.4.3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC) .....	101
6.5	Penentuan Biaya Total Produksi .....	101
6.5.1	<i>General Expense</i> .....	102
6.6	<i>Profitabilitas</i> .....	102
6.7	Analisis Kekayaan .....	103
BAB VI KESIMPULAN .....		108
Daftar Pustaka .....		xv
Lampiran		

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Data Impor <i>Acrylonitril</i> di Indonesia .....	2
Tabel 2.	Kebutuhan <i>Acrylonitril</i> di Dunia.....	2
Tabel 3.	Daftar Pabrik <i>Acrylonitril</i> di Dunia.....	3
Tabel 4.	Perbandingan Proses pembuatan <i>Acrylonitril</i> . ....	9
Tabel 5.	Neraca Massa Mixing Point 1. ....	23
Tabel 6.	Neraca Massa Reaktor (R-110) .....	24
Tabel 7.	Neraca Massa Decanter (H-120) .....	24
Tabel 8.	Neraca Massa Menara Distilasi 1 (D-160) .....	24
Tabel 9.	Neraca Massa Menara Distilasi 2 (D-130) .....	25
Tabel 10.	Neraca Massa Menara Distilasi 3 (D-140) .....	25
Tabel 11.	Neraca Massa Menara Distilasi 4 (D-150) .....	25
Tabel 12.	Neraca Massa Total .....	26
Tabel 13.	Neraca Panas Neraca Massa Heat Exchanger 1 (E-113).....	26
Tabel 14.	Neraca Panas Vaporizer (V-114) .....	26
Tabel 15.	Neraca Panas Heat Exchanger 2 (E-115) .....	27
Tabel 16.	Neraca Panas Reaktor (R-110) .....	27
Tabel 17.	Neraca Panas kondensor 1 (E-121) .....	27
Tabel 18.	Neraca Panas Menara Distilasi 1 (D-160).....	28
Tabel 19.	Neraca Menara Distilasi 2 (D-130) .....	28
Tabel 20.	Neraca Massa Menara Distilasi 3 (D-140) .....	28
Tabel 21.	Neraca Massa Menara Distilasi 4 (D-150) .....	29
Tabel 22.	Neraca Panas Pendingin 1 (E-164).....	29
Tabel 23.	Neraca Panas Pendingin 2 (E-143).....	29
Tabel 24.	Kebutuhan Air Konsumsi Umum dan Sanitari.....	58
Tabel 25.	Kebutuhan Air <i>Umpan Boiler</i> .....	60
Tabel 26.	Kebutuhan Air Pendingin.....	62
Tabel 27.	Kebutuhan Steam .....	63
Tabel 28.	Kebutuhan Listrik Proses Dan Utilitas .....	67
Tabel 29.	Jumlah Lumen Berdasarkan Luas Bangunan .....	68

Tabel 30.	Total Kebutuhan Listrik Pabrik .....	70
Tabel 31.	Total Kebutuhan Bahan Bakar .....	71
Tabel 32.	Jumlah Limbah Pabrik <i>Acrylonitrile</i> .....	72
Tabel 33.	Jadwal Pembagian Kelompok <i>Shift</i> .....	85
Tabel 34.	Jumlah dan Gaji Karyawan .....	86
Tabel 35.	Indeks Harga Alat.....	94
Tabel 36.	Total <i>Fixed Capital Investment</i> .....	97
Tabel 37.	Total <i>Working Capital Investment</i> .....	98
Tabel 38.	Total <i>Capital Investment (TCI)</i> .....	98
Tabel 39.	Total <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i> .....	99
Tabel 40.	<i>Total Indirect Manufacturing Cost</i> .....	100
Tabel 41.	<i>Total Fixed Manufacturing Cost</i> .....	101
Tabel 42.	<i>Total Manufacturing Cost</i> .....	101
Tabel 43.	<i>Total General Expense</i> .....	102
Tabel 44.	<i>Total Production Cost</i> .....	102
Tabel 45.	Total Fixed Manufacturing Cost .....	104
Tabel 46.	<i>Total Variable Cost (Va)</i> .....	104
Tabel 47.	<i>Total Regulated Cost (Ra)</i> .....	104
Tabel 48.	Analisa Kelayakan.....	105

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Lokasi Pabrik <i>Acrylonitrile</i> .....	5
Gambar 2	Diagram Alir Kuantitatif .....	19
Gambar 3	Diagram Alir Kualitatif .....	20
Gambar 4	<i>Lay Out</i> Pabrik .....	31
Gambar 5	<i>Lay Out</i> Alat .....	33
Gambar 6	Skema Pengolahan Air Umpan Boiler .....	60
Gambar 7	Skema Pengolahan Air Laut.....	61
Gambar 8.	Struktur Organisasi Pabrik <i>Acrylonitril</i> .....	77
Gambar 9	Grafik Indeks Harga Alat .....	95
Gambar 10.	Grafik Analisa Kekayaan .....	106
Gambar 11.	Grafik <i>Cash Flow</i> .....	107